

PCP JP 526470
JP 0371306

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

01.10.03

03 MAR 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年 9月 5日

REC'D 23 OCT 2003

出願番号
Application Number: 特願 2002-260536

WIPO PCT

[ST. 10/C]: [JP 2002-260536]

出願人
Applicant(s): 科学技術振興事業団

BEST AVAILABLE COPY

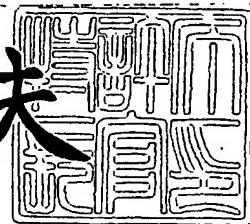
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月 11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 K020P07
【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特許出願
【提出日】 平成14年 9月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/331
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府吹田市山田東4-32-5 パークサイド千里108号
【氏名】 田中 秀和
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府豊中市螢池中町1-4-10 螢池ハイツ101
【氏名】 神吉 輝夫
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府箕面市小野原東3丁目9-9 グリーンメドウ105号室
【氏名】 朴 影根
【発明者】
【住所又は居所】 大阪府箕面市小野原東5-26-15-615
【氏名】 川合 知二
【特許出願人】
【識別番号】 396020800
【氏名又は名称】 科学技術振興事業団
【代理人】
【識別番号】 100080034
【弁理士】
【氏名又は名称】 原 謙三
【電話番号】 06-6351-4384

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0111475

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電界効果トランジスタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

50 nm以下の膜厚を有し、0°C以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物からなる強磁性層と、

誘電体または強誘電体からなる誘電体層とが接合されてなることを特徴とする電界効果トランジスタ。

【請求項 2】

上記強磁性層が

(La_{1-x}Ba_x)MnO₃

(ただし、xは、0.05 < x < 0.3の関係を満たす)

で示すBa系Mn酸化物からなることを特徴とする請求項1記載の電界効果トランジスタ。

【請求項 3】

上記誘電体または強誘電体は、BaTiO₃、SrTiO₃、(Ba_{1-y}Sr_y)TiO₃（ただし、yは、0 < y < 1の関係を満たす）、PbTiO₃、Pb(Zr_{1-z}Ti_z)TiO₃（ただし、zは、0 < z < 1の関係を満たす）、または、Al₂O₃であることを特徴とする請求項1または2記載の電界効果トランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電界効果トランジスタ、特に、電界で書き込みが可能である磁気記録素子、新機能半導体—磁気集積回路、電界制御磁気アクチュエータ等に利用可能な電界効果トランジスタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

電子の流れを制御する半導体デバイスに加え、磁性の源であるスピント半導体

的手法により、制御するスピントロニクスが近年発展しつつある。そして、これらスピントロニクスの発展は、電圧を印加することで磁気半導体中のキャリア濃度の変化を利用させる強磁性のスイッチングを可能とし、電界で情報の書き込みが可能な新規な磁気記録素子や、新機能半導体－磁気集積回路等を実現させることができると期待される。

【0003】

強磁性を電界で制御する電界効果素子としては、例えば、①希薄磁性半導体を用いたもの報告されている（非特許文献1参照）。該報告では、希薄磁性体として（In, Mn）Asを使用している。

【0004】

また、他の電界効果素子としては、②Mn酸化物／強誘電体酸化物を用いたものも報告されている（例えば、非特許文献2～4参照）。

【0005】

【非特許文献1】

H. Ohno et al., Nature 408, 944-946(2000)

【0006】

【非特許文献2】

S. Mathews et al., Science 276(1997)238

【0007】

【非特許文献3】

T. Wu et al., Phys. Rev. Lett. 86(2001)5998

【0008】

【非特許文献4】

S. B Ogale et al., Phys. Rev. Lett. 77(1996)1159

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記構成の電界効果素子では、磁性転移温度が低く、かつ、高電界を印加する必要がある、または、磁性転移温度変化がないという問題を生じている。

【0010】

具体的には、上記①の希薄磁性半導体を用いた電界効果素子は、磁性転移温度が極低温（22.5 K = -250 ℃）である。また、その際、磁性転移温度変化を得るためにには、高電界を必要としており。具体的には、磁性転移温度変化（ ΔT_c ）は、125 V の高電界を印加したとき、1 K ($\Delta T_c = 1 \text{ K}$) である。さらには、上記構成の電界効果素子は、メモリ効果を有していない。

【0011】

また、上記②のMn酸化物／強誘電体酸化物を用いた場合では、上記構成の電界効果素子の多くは、磁性転移温度変化を示していない。また、磁性転移温度変化を示す化合物の場合でも、その磁性転移温度は低く、また、磁性転移温度変化の幅は小さい。具体的には、Venkatesan (米国) のグループ (非特許文献 2 ~ 4 参照) は、強磁性層として、(La, A) MnO₃ (A = Sr, Ca, Nd) を用いている。上記構成の強磁性層は、デバイスを作製する際に必要な薄膜化することにより、急激に磁性転移温度が減少することが知られている。従って、上記構成の電界効果素子は、例えば、室温付近で転移温度を制御することができない。一例としては、(La, Ca) MnO₃ (50 nm) / SrTiO₃ の電界効果型素子を用いた例について磁性転移温度変化が報告されているが、磁性転移温度変化は、5 V の電圧印加時で $\Delta T_c = 150 \text{ K} + 3 \text{ K}$ である。

【0012】

従って、0 ℃以上で動作可能であり、かつ、従来と比べて低い電圧で動作が可能な電界効果トランジスタが望まれている。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本願発明者等は、上記の問題を鋭意検討した結果、十分な電界効果を得るために、最適な膜厚、Ba原子の含有量、原子レベルでの平坦な界面を有するBa系Mn酸化物と、最適な残留分極値と絶縁性とを有する誘電体または強誘電体とを組合わせることにより、本発明を完成するに至った。

【0014】

すなわち、本発明にかかる電界効果トランジスタは、上記の課題を解決するた

めに、50nm以下の膜厚を有し、0°C以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物からなる強磁性層と、誘電体または強誘電体からなる誘電体層とが接合されてなることを特徴としている。

【0015】

上記の構成によれば、本発明にかかる電界効果トランジスタは、強磁性層として、0°C以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物、例えば、特定の組成を有するBa系Mn酸化物を用いている。そして、上記強磁性層と、誘電体または強誘電体層とを接合することで0°C以上の磁性転移温度を有する電界効果トランジスタを得ることができる。これにより、本発明のトランジスタを、従来と比べて、非常に高い温度、すなわち、0°C以上で動作させることができる。具体的には、0°C以上で、磁性、電気輸送特性および／または磁気抵抗効果を制御することができる。

【0016】

また、Ba系Mn酸化物は、例えば、希薄磁性半導体と比べて、電子間の相互作用が非常に強い「強相関電子系」である。従って、わずかなキャリア濃度の変化で物性が変化するため、例えば、希薄磁性半導体と比べて、低電圧での制御を行うことができる。

【0017】

以上のように、本発明の電界効果トランジスタは、従来よりも、より低電圧、かつ、高温（0°C以上）で動作させることができる。

【0018】

本発明の電界効果トランジスタは、上記強磁性層が $(La_{1-x}Ba_x)MnO_3$ （ただし、xは、0.05 < x < 0.3の関係を満たす）で示す構造からなるBa系Mn酸化物であることがより好ましい。

【0019】

上記の構成によれば、 $(La_{1-x}Ba_x)MnO_3$ のうち、xを0.05 < x < 0.3の範囲内とすることにより、0°C以上で強磁性を示すことができる。従って、上記特定の組成を有するBa系Mn酸化物を用いることで、0°C以上で動作させができる電界効果トランジスタを提供することができる。

【0020】

本発明の電界効果トランジスタは、上記誘電体または強誘電体が、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $(Ba_{1-y}Sr_y)TiO_3$ （ただし、yは、 $0 < y < 1$ の関係を満たす）、 $PbTiO_3$ 、 $Pb(Zr_{1-z}Ti_z)TiO_3$ （ただし、zは、 $0 < z < 1$ の関係を満たす）、または、 Al_2O_3 である構成がより好ましい。

【0021】

誘電体または強誘電体を上記例示の化合物のいずれかとすることにより、より磁性転移温度変化の効率のよい電界効果トランジスタを提供することができる。

【0022】**【発明の実施の形態】****【実施の形態1】**

本発明の実施の一形態について図1に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0023】

本実施の形態にかかる電界効果トランジスタは、図1に示すように、強磁性層2、誘電体層1、ソース電極4、ゲート電極3およびドレイン電極5から構成されている。そして、上記強磁性層2は、基板上に形成されている。

【0024】

具体的には、基板の上に強磁性層2が形成されており、基板の強磁性層2が形成されている面に誘電体層1が積層されている。すなわち、強磁性層2と誘電体層1とは接合（ヘテロ接合）されている。そして、誘電体層1には、ゲート電極3が設けられており、強磁性層2には、ソース電極4とドレイン電極5とが誘電体層1を挟んで設けられている。このとき、誘電体層1と強磁性層2とが接合している面積が、電界効果トランジスタとしての動作範囲となる。

【0025】

基板は、表面に強磁性層2を、均一、かつ、平坦に形成することができるものであればよく、特に限定されるものではない。基板を構成する材料としては、具体的には、例えば、 $(Sr_{1-q}Ba_q)TiO_3$ （ただし、 $0 \leq q \leq 1.0$ ）、または、 MgO 等の単結晶を好適に用いることができる。上記例示の基板のうち、

$q = 0$ である SrTiO₃ は、安価であり電気特性を制御しやすいため、一般に標準基板としてよく用いられているため、より好ましい。特に、単結晶 SrTiO₃ 基板の (001) 面上に 100 nm (1000 Å) 以下の膜厚で強磁性層 2 を形成すると、そのキュリー温度は、バルク状態でのキュリー温度より上昇する傾向にあるのでより好ましい。また、上記例示の単結晶を用いることにより、上記基板上に強磁性層 2 を、例えば、レーザアブレーション法にて作成する際、強磁性層 2 の薄膜を容易に作成することができる。

【0026】

強磁性層 2 は、強磁性体である Ba 系 Mn 酸化物で構成されている。上記 Ba 系 Mn 酸化物とは、ペロブスカイト構造を有する (La, Ba) MnO₃ を示す。

【0027】

本実施の形態にかかる Ba 系 Mn 酸化物は、50 nm 以下の膜厚を有し、0 °C 以上で強磁性を示している。

【0028】

上記性質を示す Ba 系 Mn 酸化物としては、例えば、(La_{1-x}Ba_x) MnO₃ (ただし、x は、0.05 < x < 0.3 の関係を満たす) の組成が挙げられる。上記 x の下限値としては、0.05 より大きいことが好ましい。上記 x が 0.05 以下であると、キャリア濃度が不足し、良好な電気伝導が得られず強磁性体にならない。

【0029】

一方、上記 x の上限値としては、0.3 より小さいことが好ましく、0.2 以下であることがより好ましい。上記 x が 0.3 以上であると、膜厚を 50 nm 以下にした場合、0 °C 以上で強磁性を示さないので、電界効果トランジスタとした場合、0 °C 以上で動作させることができないため好ましくない。なお、上記の Ba 系 Mn 酸化物の組成において、Mn 欠損、酸素欠損があってもよいが、Mn 欠損、酸素欠損は、強磁性を発現する温度を下げる要因であり、0 °C 以上で強磁性を示す強磁性体としてこれらの欠損はない方が望ましい。

【0030】

上記組成の Ba 系 Mn 酸化物からなる強磁性層 2 は、厚さが薄くなるほど、強

磁性転移温度が高くなる特徴を有している。従って、本実施の形態にかかる電界効果トランジスタにおける強磁性層2はより薄いことが好ましい。具体的には、Ba系Mn酸化物からなる強磁性層2の厚さとしては、50nm以下が好ましく、10nm以下がより好ましく、5nm以下が特に好ましい。上記組成のBa系Mn酸化物から構成される強磁性層2の厚さを50nm以下とすることにより、0℃以上で強磁性を発現させることができる。一方、上記強磁性層2の厚さの下限値としては、0.8nmよりも厚いことがより好ましい。上記厚さが0.8nm以下となると、理論的に強磁性が消失することとなる。

【0031】

また、強磁性を示す温度としては、より高いことが好ましい。すなわち、強磁性を示す温度としては、0℃以上が好ましく、25℃以上がより好ましく、40℃以上がさらに好ましい。強磁性を示す温度が高いことは、トランジスタの磁性転移温度を高くすることができる。すなわち、強磁性を示す温度が、例えば、室温(25℃)である場合、この強磁性層2を用いて電界効果トランジスタを構成すると、室温で動作させることができる。従って、本実施の形態にかかる電界効果トランジスタは、強磁性層2として、0℃以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物を用いているので、0℃以上で動作させることができる。

【0032】

誘電体層1は、強誘電体または誘電体から構成されている。上記誘電体層1を構成している強誘電体または誘電体としては、特に限定されるものではなく、種々のものが使用できる。

【0033】

上記誘電体としては、具体的には、SrTiO₃、Al₂O₃、MgO等が挙げられる。上記例示の誘電体のうち、誘電率の大きさ、入手のし易さの点でSrTiO₃がより好ましい。

【0034】

また、上記強誘電体としては、具体的には、(Ba_{1-y}Sr_y)TiO₃(ただし、yは、0<y<1の関係を満たす)、PbTiO₃、Pb(Zr_{1-z}Ti_z)TiO₃(ただし、zは、0<z<1の関係を満たす)、BaTiO₃等が挙げら

れる。上記例示の強誘電体のうち、誘電分極の大きさの点で $P_b(Z_r, T_i)$ $T_i O_3$ がより好ましい。

【0035】

本実施の形態にかかる電界効果トランジスタにおいて、強磁性層2の厚さが 50 nm 以下である場合、誘電体層1の厚さの上限値としては、400 nm 以下がより好ましく、100 nm 以下がさらに好ましい。

【0036】

本実施の形態にかかる電界効果トランジスタは、以上のように、50 nm 以下の膜厚を有し、0°C 以上で強磁性を示す Ba 系 Mn 酸化物からなる強磁性層2と、誘電体または強誘電体からなる誘電体層1とが接合されてなる構成である。これにより、本発明のトランジスタを、従来と比べて、非常に高い温度、すなわち、0°C 以上で動作させることができる。具体的には、0°C 以上で、磁性、電気輸送特性および／または磁気抵抗効果を制御することができる。

【0037】

また、Ba 系 Mn 酸化物は、例えば、希薄磁性半導体と比べて、電子間の相互作用が非常に強い「強相関電子系」である。従って、わずかなキャリア濃度の変化で物性が変化するため、例えば、希薄磁性半導体と比べて、低電圧での制御を行うことができる。

【0038】

従って、本発明の電界効果トランジスタは、従来よりも、より低電圧、かつ、高温（0°C 以上）で動作させることができる。

【0039】

また、本実施の形態において、強磁性層2として、 $(La_{1-x}Ba_x)MnO_3$ （ただし、x は、 $0.05 < x < 0.3$ の関係を満たす）の Ba 系 Mn O₃ を用いて、誘電体層1として、誘電体（例えば、SrTiO₃）を用いる場合には、スイッチング素子として機能する電界効果トランジスタとすることができます。

【0040】

一方、本実施の形態において、強磁性層2として、 $(La_{1-x}Ba_x)MnO_3$ （ただし、x は、 $0.05 < x < 0.3$ の関係を満たす）の Ba 系 Mn O₃ を用

いて、誘電体層1として、強誘電体（例えば、Pb(Zr,Ti)TiO₃）を用いる場合には、電圧を印加していない状態でも変調が保持されるために、メモリ効果を有する。また、上記構成の電界効果トランジスタに電界を印加した場合、誘電体層1と強磁性層2との接合界面付近に、電界無印加時と比べて、キャリア（ホール）濃度の高い層もしくは低い層が形成される。このキャリア濃度の高い部分をアキュムレート（accumulate）層と呼ぶ。上記構成の電界効果トランジスタは、上記アキュムレート層を利用しており、常磁性（磁化がない状態）から強磁性（磁化の大きい状態）へとスイッチできるので、例えば、p-n型のダイオードと比べて、直接磁性検出に有利となる。

【0041】

本発明の電界効果トランジスタの製造方法において、強磁性層2を製造するには、具体的には、例えば、レーザアブレーション法により製膜することができる。また、上記以外にも、例えば、MBE（Molecular Beam Epitaxy）法、レーザMBE法、スパッタ法、CVD法等で製膜することができる。また、誘電体層1または強誘電体層1を製造する場合にも、上記例示の方法により製膜することができる。例えば、レーザアブレーション法を用いる場合の成膜条件としては、基板温度範囲650～7350℃、1.10×10⁻¹～5.0×10⁻¹Paの範囲内のO₂ガス圧雰囲気が好ましい。また、上記強磁性層2の場合、50nm以下の膜厚を形成するためには、例えば、10nm(100Å)/20min程度の製膜速度で製膜することがより好ましい。

【0042】

特に、上記(La,Ba)MnO₃からなる強磁性層2の薄膜を基板に作製する際には、高酸素圧で薄膜化を行うほど強磁性を示しやすく、低酸素圧で薄膜化を行うほど強磁性を示しにくくなる。これは、強磁性層2が酸素量を増やすことによって、キャリア（正孔）濃度が高くなり、キャリア濃度が高くなるにつれてキュリー温度も上昇するからである。

【0043】

【実施例】

本発明にかかる電界効果トランジスタをレーザアブレーション法によって製造

する例を以下に示す。

【0044】

まず、(La_{0.87}Ba_{0.13})MnO₃を作製するに当たり、La₂O₃、Mn₂O₃、BaOパウダーを適量な混合比にとり、混ぜあわせ、900℃、40時間の仮焼結を行った後、1300℃、24時間の本焼結を行った。

【0045】

そして、レーザアブレーション法を用いて、ArFエキシマレーザ ($\lambda = 193\text{ nm}$) を(La_{0.87}Ba_{0.13})MnO₃に照射し、基板の温度を700℃、酸素ガス圧 $1.0 \times 10^{-1}\text{ Pa}$ の条件で、SrTiO₃の(001)面の単結晶基板上に(La_{0.87}Ba_{0.13})MnO₃の薄膜(厚さ3.6nm)を作製した。これにより、強磁性層を形成した。

【0046】

そして、上記強磁性層の上に、レーザアブレーション法により、Pb(Zr, Ti)O₃からなる薄膜(厚さ30nm)を作製した。これにより誘電体層を形成した。つまり、基板、強磁性層、誘電体層が順に積層されている。また、誘電体層は基板に接していない。

【0047】

次に、誘電体層の上に、ゲート電極を設け、ソース電極およびドレイン電極を強磁性層の上に形成した。具体的には、ソース電極およびドレイン電極を、強磁性層の上に形成された誘電体層を挟むように形成した。このとき、ソース電極およびドレイン電極と誘電体層とを接触させてもよく、また、接触させなくともよい。

【0048】

以上のようにして本実施例にかかる電界効果トランジスタを製造した。上記製造方法により得られた電界効果トランジスタのデバイス動作範囲は、 $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ であった。

【0049】

次に得られた電界効果トランジスタを用いて、290Kにて、ゲートバイアス掃引を行うことにより、ソースードレイン抵抗が誘電体層によって分極し、強磁

性層のキャリア濃度が有効に変化しているか否かを確認した、その結果を図2に示す。図2に示すように、強磁性層のキャリア濃度が有効に変化できていることが確認された。

【0050】

次に、ゲートバイアスとして、5Vの電界を印加した状態で電界効果トランジスタを温度変化させたときの、ソースードレイン抵抗を測定した。その結果を図3に示す。図3から分かるように、強磁性転移温度（金属一絶縁体転移温度）が280Kに達することがわかる。

【0051】

また、図3から分かるように、ゲートバイアスとして5Vの電界を印加した状態で280K（バルク270K）において、1.5Kの磁性転移温度変化を確認した。これは、強磁性一常磁性スイッチが行われていることを意味する。従って、本発明の電界効果トランジスタは、従来よりも、より低電圧、かつ、高温（0°C以上）で動作させることができる。

【0052】

【発明の効果】

本発明の電界効果トランジスタは、以上のように、50nm以下の膜厚を有し、0°C以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物からなる強磁性層と、誘電体または強誘電体からなる誘電体層とが接合されてなる構成である。

【0053】

これにより、本発明のトランジスタを、従来と比べて、非常に高い温度、すなわち、0°C以上で動作させることができる。具体的には、0°C以上で、磁性、電気輸送特性および／または磁気抵抗効果を制御することができる。従って、本発明の電界効果トランジスタは、従来よりも、より低電圧、かつ、高温（0°C以上）で動作させることができるという効果を奏する。

【0054】

本発明の電界効果トランジスタは、上記強磁性層が $(La_{1-x}Ba_x)MnO_3$ （ただし、xは、0.05 < x < 0.3の関係を満たす）で示す構造からなるBa系Mn酸化物であることにより、0°C以上で強磁性を示すことができる。従つ

て、上記特定の組成を有するBa系Mn酸化物を用いることで、0°C以上で動作させることができる電界効果トランジスタを提供することができる。

【0055】

本発明の電界効果トランジスタは、上記誘電体または強誘電体が、BaTiO₃、SrTiO₃、(Ba_{1-y}Sr_y)TiO₃（ただし、yは、0 < y < 1の関係を満たす）、PbTiO₃、Pb_(Zr_{1-z}Ti_z)TiO₃（ただし、zは、0 < z < 1の関係を満たす）、または、Al₂O₃である構成とすることにより、より磁性転移温度変化の効率のよい電界効果トランジスタを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態にかかる電界効果トランジスタの概略の構成を示す断面図である。

【図2】

上記電界効果トランジスタにゲートバイアス掃引を行ったときの、ソースードレイン抵抗の変化を示すグラフである。

【図3】

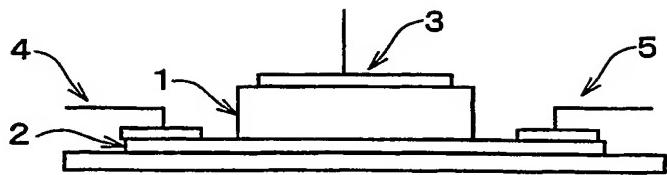
上記電界効果トランジスタの温度変化による、ソースードレイン抵抗の変化を示すグラフである。

【符号の説明】

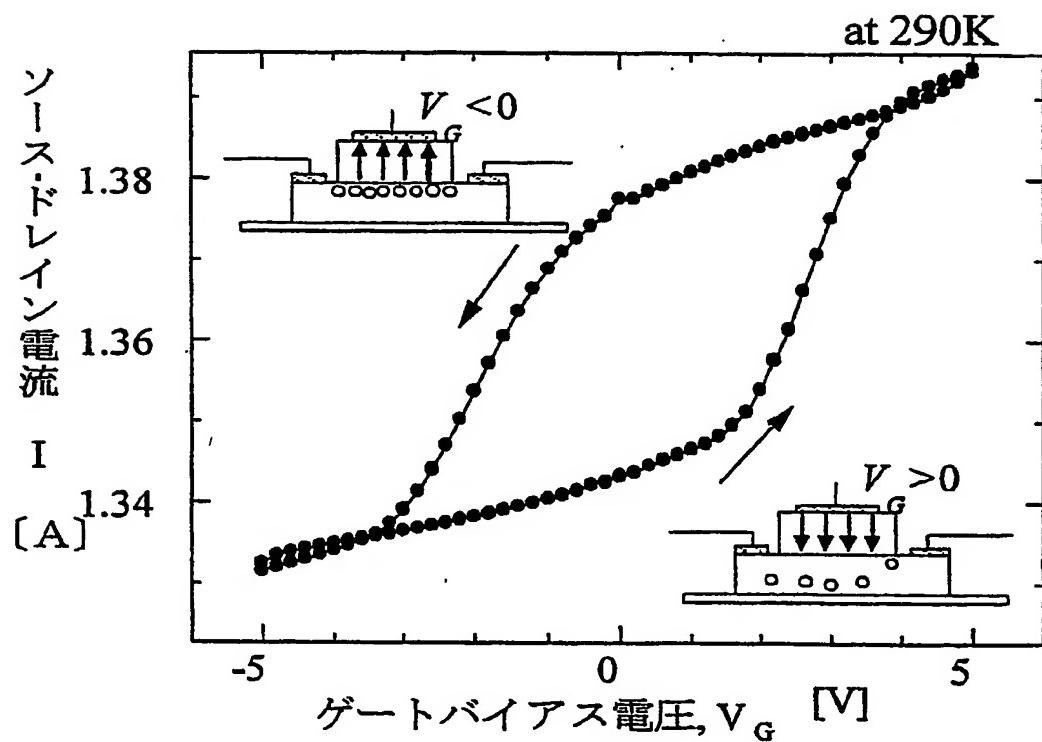
- 1 誘電体層
- 2 強磁性層
- 3 ゲート電極
- 4 ソース電極
- 5 ドレイン電極

【書類名】 図面

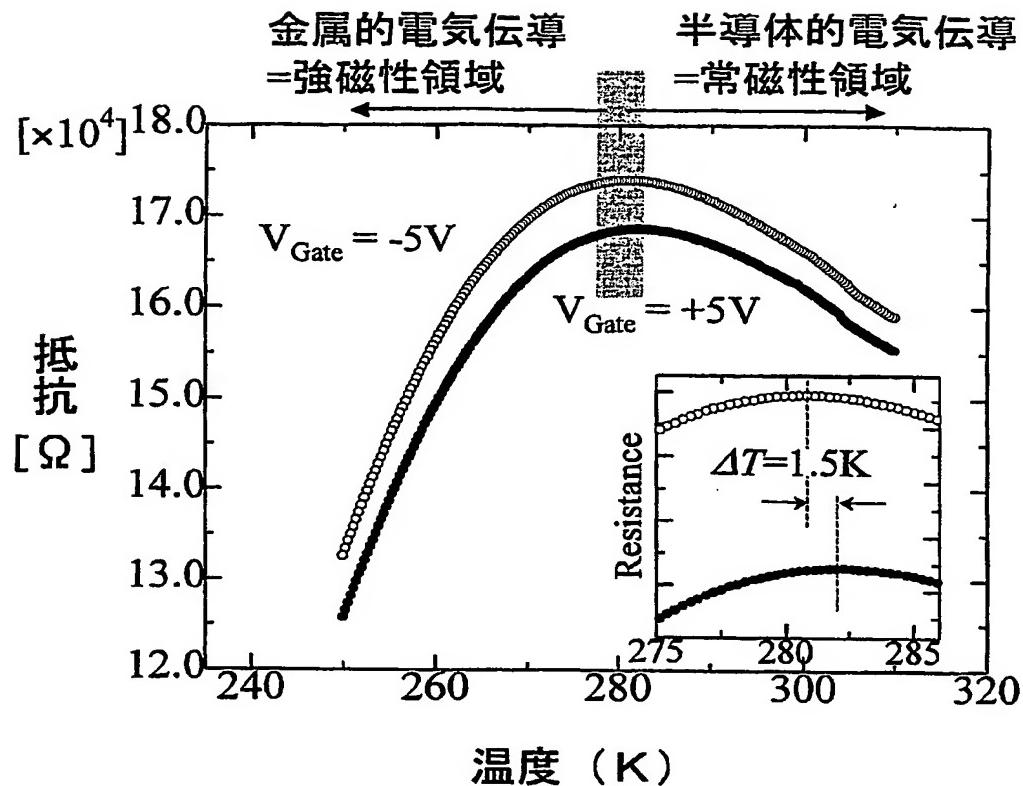
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来と比べて、高い温度、かつ、低い電圧で磁性状態の制御（動作）が可能である電界効果トランジスタを提供する。

【解決手段】 50 nm以下の膜厚を有し、0°C以上で強磁性を示すBa系Mn酸化物からなる強磁性層と、誘電体または強誘電体からなる誘電体層とが接合されてなっている。これにより、0°C以上で、磁性、電気輸送特性および／または磁気抵抗効果を制御することができる。

【選択図】 図1

特願2002-260536

出願人履歴情報

識別番号 [396020800]

1. 変更年月日 1998年 2月24日

[変更理由] 名称変更

住 所 埼玉県川口市本町4丁目1番8号

氏 名 科学技術振興事業団

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.